Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 37, No. 2, Summer 2023, p. 497-508

The Effect of Ascorbic Acid on Growth and Some Biochemical Properties of Bell Pepper (*Capsicum annuum*) Seedling under Salinity Stress

S. Parsajoo[1], F. Dashti[2*]

Received: 29-06-2022 Revised: 04-08-2022 Accepted: 06-08-2022 Available Online: 06-08-2022	**How to cite this article:** Parsajoo, S., & Dashti, F. (2023). The effect of ascorbic acid on growth and some biochemical properties of bell pepper (*Capsicum annuum*) seedling under salinity stress. *Journal of Horticultural Science, 37*(2), 497-508. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jhs.2022.77340.1182

Introduction

Plants are sometimes exposed to several stresses during their growth and development. Salinity stress is one of the most common abiotic stresses that significantly reduces the growth and yield of most plant species. A large part of the soils and a significant volume of all water resources in Iran are affected by salinity to varying degrees. Due to the rapid population growth and the need for more food and the water crisis, the use of unconventional water such as salt water or wells and treated wastewater in agriculture has received more attention. Soil and water salinity is one of the integrative problems in agriculture and is one of the most important barriers to crop production in the world. Salinity stress reduces the ratio of carbon dioxide to oxygen in the leaves by closing the leaves stomata and prevents the stabilization of carbon dioxide. Under these conditions, the formation rate of reactive oxygen species in chloroplasts and mitochondria increases, the electrons produced react with oxygen by photosynthesis and lead to the production of oxygen free radicals. These affects the growth, yield and quality of agricultural products. The use of antioxidant compounds can moderate the effects of this stress. Many compounds have been used to reduce the harmful effects of salinity stress. Ascorbic acid is a water soluble antioxidant and has some effects on plant resistance against environmental stresses by neutralizing free radicals. Researches showed that ascorbic acid increased plant resistance on various stresses such as salinity and drought. It has been widely used to control the effects of salinity stress. The aim of this study was to investigate the effect of ascorbic acid on resistance to salinity stress in bell pepper seedlings.

Materials and Methods

This study was done as a factorial experiment in a completely randomized design including ascorbic acid treatment (0, 1, 3 and 5 mM) and salinity stress of sodium chloride (0 and 100 mM) in 3 replications. The seeds of bell pepper Cv. California Wonder were planted in a seedling tray containing cocopeat. After emergence of cotyledons, they were fertilized with complete fertilizer (N20, P20, K20). At the stage of three true leaves the salinity treatment were started. One week before the beginning of salinity treatment, ascorbic acid was sprayed on plants and repeated two more times by seven days interval. Salinity treatment was applied by irigation for three weeks. After producing 5 leaves, a few growth properties (plant fresh and dry weight, root fresh and dry weight, leaf number and leaf area), biochemical characteristics (amounts of total chlorophyll, proline, soluble proteins, ion leakage and malondialdehyde and activity of Catalase an Proxidase enzymes) and amounts of some elements (K, P, Na, Fe, Zn and Cu) were measured.

1 and 2- Former M.Sc. Student and Associated Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: fdashti@basu.ac.ir)
DOI: 10.22067/jhs.2022.77340.1182

Results and Discussion

Based on the results, the simple effect of salinity stress, ascorbic acid and the combined effect of them on ion leakage and amounts of malondialdehyde were significant at the level of 1% probability. Salinity stress increased the amounts of ion leakage and malondialdehyde and application of 5 mM ascorbic acid reduced the amount of these traits to 41.01% and 46.58% compared to the control respectively. The effect of salinity stress, ascorbic acid and the combined effect of them on the concentration of proline and chlorophyll in the leaves of bell pepper were significant at the level of 1% probability. Salinity stress increased the amount of proline but decreased chlorophyll and leaf protein of pepper seedlings and application of 5 mM ascorbic acid increased them to 79.42% and 46.57% compare to control respectively. Under salinity stress the uptake of iron, zinc, copper and phosphorus decreased; using of 5 mM ascorbic acid increasing accumulation of these elements in leaves .On the other hand ascorbic asid could decrease the amounts of sodium accumulation in seedling׳s leaves. The results showed that, salinity decreased growth indices (number of leaves, leaf surface, fresh weight of roots and plants) and ascorbic acid reduced the effect of salinity stress on growth parameters. Under salinity stress, 5 mM ascorbic acid treatment increased the leaf surface to 36.30% compared to salinity without ascorbic acid tretment. The effects of salinity stress and the combined effect of salinity stress and ascorbic acid on the amount of catalase and peroxidase enzymes were significant at the level of 1% probability. The effect of ascorbic acid was significant for catalase at 5% probability level and peroxidase at 1% probability level. Although salinity increased the amounts of the antioxidant catalase and peroxidase enzymes but ascorbic acid could increased the activity of them in saline condition.

Conclusion

It seems that application of ascorbic acid as an antioxidant could reduce the effects of salinity stress by increasing the activity of catalase and peroxidase enzymes, reducing sodium uptake and increasing the uptake of phosphorus, potassium, iron, zinc and copper. These could have positive effects on the growth parameters of bell pepper seedlings in salinity conditions. Generally, on based of obtained results, spraying 5 mM Ascorbic acid on bell pepper seedlings modified the resistance of them in salinity stress conditions.

Keywords: Antioxidant enzymes, Chlorophyll, Proline, Sodium chloride

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷، شماره ۲، تابستان ۱٤۰۲، ص. ٤۹۷-۵۰۸

اثر اسید آسکوربیک بر رشد و برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی نشاء فلفل دلمه‌ای (*Capsicum annuum*) تحت تنش شوری

سپیده پارساجو[1]- فرشاد دشتی[2]*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۰۸
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۵/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۱۵

چکیده

شوری خاک و آب یکی از مشکلات در حال افزایش کشاورزی و از مهم‌ترین موانع تولید محصول در جهان است. ترکیبات زیادی در زمینه کاهش اثرات زیان آور تنش شوری مورد استفاده قرار گرفته است. اسید آسکوربیک آنتی‌اکسیدان محلول در آب می‌باشد که با بی اثر کردن رادیکال‌های آزاد موجب مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های محیطی می‌شود. در این پژوهش تأثیر اسید آسکوربیک بر کاهش اثرات شوری در تولید نشاء گیاه فلفل دلمه ای در شرایط کشت گلخانه‌ای مطالعه شده است. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در دو سطح نمک کلرید سدیم (صفر و ۱۰۰ میلی‌مولار) در آب آبیاری و چهار سطح اسید آسکوربیک (صفر، یک، سه و پنج میلی‌مولار) با سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد تنش شوری موجب افزایش نشت یونی و تولید مالون‌دی‌آلدئید شد و کاربرد اسید آسکوربیک در غلظت ۵ میلی‌مولار موجب کاهش میزان این صفات در شرایط تنش شوری شد. تنش شوری موجب افزایش میزان پرولین و کاهش کلروفیل کل و پروتئین برگ نشاء فلفل دلمه‌ای شد در حالی‌که کاربرد اسید آسکوربیک با غلظت ۵ میلی‌مولار موجب افزایش صفت‌های نام برده شد. از طرف دیگر در گیاهان تحت تنش شوری جذب عناصر آهن، روی، مس و فسفر کاهش و سدیم افزایش یافت که کاربرد اسید آسکوربیک باعث افزایش تجمع سه عنصر اول و کاهش تجمع سدیم در برگ گیاهان شد. از نظر شاخص‌های رشد، تنش شوری باعث کاهش صفات رشدی (تعداد برگ، سطح برگ، وزن تر ریشه و برگ) شد و تیمار با اسید آسکوربیک اثر تنش شوری را بر پارامترهای رویشی کاهش داد بطوری‌که تحت تنش شوری، تیمار اسید آسکوربیک ۵ میلی‌مولار توانست سطح برگ را نسبت به تیمار شوری بدون کاربرد اسید آسکوربیک افزایش دهد. از طرف دیگر کاربرد اسید آسکوربیک باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کاتالاز و پراکسیداز شد. به‌طور کلی با توجه به نتایج حاصله می‌توان گفت محلول‌پاشی با غلظت ۵ میلی‌مولار اسید آسکوربیک در نشاء گیاه فلفل دلمه‌ای باعث بهبود مقاومت به شرایط تنش شوری می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، پرولین، کلروفیل، کلرید سدیم

مقدمه

بخش گسترده‌ای از خاک‌ها و حجم چشم‌گیری از کل منابع آبی موجود در کشور ایران به درجات مختلف مبتلا به شوری هستند. تنش شوری عبارت از حضور نمک با غلظت بالا در محلول خاک است. گیاهان درطول رشد و نمو، در معرض تنش‌های غیر زیستی بسیاری قرار دارند. تنش شوری یکی از مهمترین موانع رشد و نمو در گیاهان است. بیشتر تنش‌های شوری مربوط به نمک‌های سدیم به ویژه کلریدسدیم است (Khan *et al*., 2009). با توجه به رشد سریع جمعیت و نیاز به مواد غذایی بیشتر و نیز بحران آب بحث استفاده از آب‌های نامتعارف مانند آب شور دریا یا چاه و پساب تصفیه شده در کشاورزی بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. به‌طور کلی آب هایی شور تلقی می‌شوند که غلظت کل املاح در آن‌ها بیش از ۵۰۰۰

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد سابق و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان
(*- نویسنده مسئول: Email: fdashti@basu.ac.ir)
DOI: 10.22067/jhs.2022.77340.1182

میلی‌گرم در لیتر باشد (Abedi *et al*., 2002).

تنش‌های غیرزیستی با جلوگیری از جـذب آب از خـاک بـه طـور همزمان رشد طبیعی گیاهان را تحت تأثیر قرار داده و روی رشد گیـاه تأثیر منفی می‌گذارند (Marcelina *et al*., 2015). تنش شوری باعث بسته شدن روزنه‌ها و کاهش نسـبت دی‌اکسـیدکربن بـه اکسـیژن در برگ‌ها شده و از تثبیت دی‌اکسـیدکربن جلـوگیری مـی‌کنـد. در ایـن شرایط سرعت تشکیل انواع گونه‌های فعال اکسیژن در میتوکنـدری و کلروپلاست افزایش می‌یابـد (Nawaz and Ashraf, 2010). پاسـخ گیاه به تنش شوری متفـاوت اسـت و بـه میـزان سـمیت و پتانسـیل اسمزی نمک و مدت زمان تنش بستگی دارد (Agami, 2014).

یک تکنیک کارآمد برای کاهش تنش‌شوری در گیاهان استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی نظیر اسید آسکوربیک اسـت (Agami, 2014). اسید آسکوربیک به‌عنـوان ویتـامین محلـول در آب، یکـی از آنتی‌اکسیدان‌های مهم در گیاهان است که در بخش‌های مختلف گیاه تجمع می‌یابد و غلظت آن در برگ‌ها بیشتر است. اسید آسکوربیک در برابر رادیکال‌های آزاد و اکسیژن فعال، همراه با آنتـی‌اکسـیدان‌هـایی مانند گلوتاتیون و آلفاتوکوفرول با عنوان چرخه آسـکوربات گلوتـاتیون عمل کرده و تصفیه و حذف ایـن رادیکـال‌هـای آزاد را برعهـده دارد (Conklin, 2001).

به‌کارگیری اسید آسکوربیک برون‌زاد همزمان با تنش نشـان داده است که تا حدودی اثرات مخرب تنش کاهش مـی‌یابـد. پـژوهش‌هـا نشان می‌دهد، اسید آسکوربیک باعـث افـزایش مقاومـت گیاهـان در برابر تنش‌های مختلف از جمله شوری و خشکی می‌شود (Smirnoff, 2000).

اثرات مثبت آنتی‌اکسیدان‌ها در کاهش نشت الکترولیتی گیاه فلفل در شرایط تحت تـنش شـوری گـزارش شـده اسـت (Khan *et al*., 2009). شالاتا و نئومان (Shalata and Neumann, 2001)، گزارش کردند اضافه کردن اسید آسکوربیک به صورت تغذیه برگی، با بهبود و افزایش رشد ریشه و جلوگیری از پراکسیداسیون لیپیدی سبب بهبـود مقاومت به تنش در گوجـه‌فرنگـی تحـت شـرایط شـوری شـد. ایـن محققین مشاهده کردند که افزودن اسید آسکوربیک (۰/۵ میلی‌مولار) پیش از تیمـار شـوری بـه طـور قابـل تـوجهی بـه بازیـابی و نجـات دانهال‌های پژمرده گوجه‌فرنگی کمک کرد. ساجید و آفتـاب (Sajid, and Aftab, 2009)، تأثیر کاربرد خارجی اسید آسکوربیک بـر ایجـاد تحمل به شوری در گیاه سیب زمینی را بررسی کـرده و دریافتنـد کـه کاربرد اسید آسکوربیک در سطوح بالای شوری باعث تشکیل ریشه و افزایش نسبت رشد اندام هوایی به ریشه، تشـکیل گـره‌هـای بیشـتر، افزایش تعداد شاخه‌ها و ریشه‌ها نسبت شاهد شد.

باتوجه به وجود چالش شوری منابع آب در بسیاری از گلخانـه‌هـا، این تحقیق برآن است که تأثیر اسید آسکوربیک را بر کـاهش اثـرات تنش شوری در پرورش نشأ فلفل بررسی نماید.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در گلخانه تحقیقاتی و آزمایشگاه دانشگاه بوعلی سینا بصورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور اسید آسکوربیک در چهار سطح (صفر، یک، سه و پنج میلی مولار) و تنش شوری کلرید سدیم در دو سطح (صفر و ۱۰۰ میلی مولار) با ۳ تکرار انجام شد. در طی انجام آزمایش دمای گلخانه در طی روز ۲±۲۵ و شب ۲± ۱۸ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۰ درصد بود.

بذور فلفل دلمه‌ای رقم 'کالیفرنیا واندر' بـرای جوانـه‌زنـی هرچـه بهتر به مدت ۴ ساعت در آب مقطر خیسانده و به مدت دو روز در بین دستمال مرطوب نگهداری شدند. سپس بذور در سـینی‌هـای نشـا ۷۲ حفره ای با حجم ۲۴ میلی‌لیتر و عمق ۵۰ میلی‌متر حـاوی کوکوپیـت پرلیت (به نسبت ۶ به ۴) کاشته شدند.

پس از کشت بذور و تا خروج برگ‌هـای حقیقـی، بسـترها روزانـه آبیاری شدند. بعد از خروج لپه‌ها، گیاهچه‌ها با کود کامـل $N_{20}P_{20}K_{20}$ (یوروسالید هلند) ابتدا با غلظت یک در هزار و تـوام بـا رشـد گیـاه در زمان گسترش اولین برگ با غلظت دو در هـزار و در زمـان گسـترش دومین برگ تا انتهای آزمایش با غلظت چهار در هـزار تغذیـه شـدند. تیمار شوری کلرید سدیم پس از گسترش دومـین بـرگ حقیقـی و از طریق آب آبیاری شروع و سه هفته به طول انجامید. بـرای جلـوگیری از تجمع نمک، بستر کاشت با فاصله یکبار در هفته آبشویی شد. تیمار اسید آسکوربیک بصورت محلول پاشی برگی یک هفته قبل از شـروع تیمار شوری انجام شد و بصورت هفتگـی و در مجمـوع ۴ بـار انجـام گردید.

نشاها در مرحله ۵ برگـی بـه آزمایشـگاه منتقـل شـده و صـفات مختلف شامل وزن تر و خشک بوته، تعداد و سطح برگ، رنگدانه‌هـای فتوسـنتزی (Bates *et al*., 1973)، پـرولین (Yang *et al*., 1998)، پروتئین محلول بـرگ (Bradford, 1976)، نشـت یـونی (Lutts *et al*., 1996)، غلظت مالون‌دی‌آلدئیـد (Heath and Packer, 1968)، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز (Aebi, 1984) و پراکسیداز (Herzog and Fahimi, 1973)، پتاسیم، فسفر، سدیم، آهن، مس و روی (Mostofi and Najafi, 2005) اندازه‌گیری شد. تجزیه واریـانس بـا نـرم‌افـزار SAS (نسخه ۹/۲) و مقایسه میانگین صفات با آزمون چنـد دامنـه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

بطور کلی اثر تیمار شوری، اسید آسکوربیک و اثر متقابل ایـن دو بر اکثر صفات مورد اندازه‌گیری معنی‌دار بود که نشان دهنده تاثیر این

دو فاکتور در صفات رشدی، بیوشیمیایی و جذب عناصر در نشاء فلفل است.

صفات رشدی

براساس نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌های مربوط به صفات رشدی در نشاهای فلفل، اثرات ساده اسید آسکوربیک، تنش شوری و اثر متقابل این دو در تمامی صفات (بجز اثر ساده اسید اسکوربیک بر تعداد برگ) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱).

تعداد برگ

براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها مشاهده گردید که تعداد برگ در شرایط تنش‌شوری کاهش معنی‌داری نسبت به شرایط عدم تنش پیدا کرده است و اسید آسکوربیک توانست خسارت ناشی از تنش شوری را جبران کند. در تیمار عدم شوری و کاربرد اسید آسکوربیک ۵ میلی‌مولار و تیمار شوری و کاربرد اسید آسکوربیک ۵ میلی‌مولار به ترتیب افزایش ۱۰/۵۸ و ۱۳/۰۲ درصدی تعداد برگ نسبت به تیمارهای شوری و عدم شوری بدون کاربرد اسید آسکوربیک مشاهده شد (جدول ۲).

سطح برگ

مقایسه میانگین‌های اثرات ترکیب تیمارها در صفت سطح برگ نشان می‌دهد که بالاترین میزان سطح برگ مربوط به تیمار عدم تنش شوری و کاربرد اسید آسکوربیک ۵ میلی‌مولار است و اسید آسکوربیک در این تیمار موجب افزایش قابل‌ملاحظه‌ی صفت سطح برگ شده است. همچنین در شرایط تنش شوری کاربرد اسید آسکوربیک ۵ میلی‌مولار موجب افزایش ۳۶/۳۰ درصدی سطح برگ نسبت به شوری بدون کاربرد اسید آسکوربیک شده است (جدول ۲).

وزن تر و خشک ریشه

نتایج مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر ترکیبی تنش و اسید آسکوربیک برای وزن تر و خشک ریشه بیانگر این است که در شرایط عدم تنش، وزن ریشه نسبت به تنش شوری بالاتر بوده و اسید آسکوربیک تا حدودی توانست خسارت ناشی از تنش را جبران کند. بیشترین مقدار وزن ریشه مربوط به تیمار عدم تنش و کاربرد اسید آسکوربیک ۵ میلی‌مولار بود. همچنین در شرایط تنش شوری کاربرد اسید آسکوربیک ۵ میلی‌مولار باعث افزایش معنی‌دار وزن ریشه نسبت به تیمار شوری و عدم کاربرد اسید آسکوربیک شد (جدول ۲).

نتایج این پژوهش با نتایج دیگر از جمله کاهش وزن خشک ریشه فلفل (Shayesteh *et al*., 2011) و گوجه‌فرنگی (Tabatabayan, Mir Mohammad Mobidi and Qarah Yazdi, 2002;2014) در اثر تنش مطابقت داشته است.

وزن تر و خشک بوته

نتایج مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر متقابل تنش و اسید آسکوربیک برای وزن تر و خشک بوته بیانگر این موضوع است که در شرایط عدم تنش بالاترین وزن تر و خشک بوته مربوط به تیمار عدم تنش شوری و کاربرد اسید آسکوربیک ۵ میلی‌مولار بود و کمترین میزان وزن تر مربوط به شرایط تنش شوری بدون کاربرد اسید آسکوربیک بود و با کاربرد اسید آسکوربیک در شرایط تنش وزن تر و خشک بوته افزایش یافت که می‌تواند نشان دهنده نقش مؤثر اسید آسکوربیک در تعدیل اثرات تنش شوری باشد (جدول ۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر شوری و اسید آسکوربیک بر صفات رشدی نشاء فلفل دلمه‌ای رقم 'کالیفرنیا واندر'

Table 1- ANOVA (mean squares) for the effects of salinity and ascorbic acid treatments on growth characteristics of *Capsicum annuum* cv. 'California Wonder' seedlings

منابع تغییرات S.O.V	درجه ازادی DF	وزن تر ریشه Root Fresh weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن تر بوته Plant fresh weight	وزن خشک بوته Plant dry weight	تعداد برگ Leaf number	سطح برگ Leaf area
شوری Salinity (S)	1	5.05**	0.005**	69.02**	0.45**	7.04**	83.20**
اسید آسکوربیک Ascorbic acid (A)	3	0.33**	0.001*	6.02**	0.07**	0.48ns	20.88**
S ×A	3	1.11**	0.001**	13.18**	9.07**	1.27*	22.59**
خطا Error	16	0.002	0.00	0.01	0.002	0.50	2.52
ضریب تغییرات C.V (%)	-	9.30	18.01	3.57	6.46	11.86	10.90

ns، ** و * به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

ns, ** and *: non-significant, significant at $p\leq 0.01$ and $p\leq 0.05$, respectively.

جدول ۲- اثرات ساده و متقابل شوری و اسید سالیسیلیک بر صفات رشدی نشاء فلفل دلمه‌ای رقم 'کالیفرنیا واندر'

Table 2- The simple and interaction effects of salinity and ascorbic acid on growth characteristics of *Capsicum annuum* cv. 'California Wonder' seedlings

تیمار Treatment	وزن تر ریشه Root Fresh weight (g)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)	وزن تر بوته Plant fresh weight (g)	وزن خشک بوته Plant dry weight (g)	تعداد برگ Leaf No.	سطح برگ Leaf area (cm^2)
S0	1.45^{a}	.0.01^{a}	10.16^{a}	0.79^{a}	6.50^{a}	16.42^{a}
S1	0.53^{b}	0.07^{b}	6.77^{b}	0.52^{b}	5.41^{b}	12.70^{b}
A0	1.23^{a}	0.07^{b}	7.68^{c}	0.54^{d}	5.66^{a}	12.41^{c}
A1	1.16^{a}	0.08^{b}	7.74^{c}	0.60^{c}	5.83^{a}	14.02^{cb}
A2	0.86^{b}	0.09^{ab}	8.61^{b}	0.69^{b}	6.00^{a}	14.93^{b}
A3	0.72^{c}	0.11^{a}	9.83^{a}	0.79^{a}	6.33^{a}	16.88^{a}
A0×S0	2.14^{a}	0.12^{ab}	8.82^{d}	0.68^{cd}	6.33^{ab}	14.77^{cb}
A1×S0	0.96^{d}	0.08^{cde}	9.38^{c}	0.70^{c}	6.33^{ab}	15.32^{cb}
A2×S0	1.18^{c}	0.10^{abc}	10.25^{b}	0.83^{b}	6.33^{ab}	15.77^{b}
A3×S0	1.57^{b}	0.128^{a}	12.21^{a}	0.98^{a}	7.00^{a}	19.64^{a}
A0×S1	0.32^{g}	0.05^{e}	5.99^{h}	0.41^{f}	5.00^{b}	10.06^{d}
A1×S1	0.51^{f}	0.07^{de}	6.67^{g}	0.50^{e}	5.33^{b}	12.72^{cd}
A2×S1	0.56^{f}	0.09^{bcd}	6.95^{f}	0.56^{de}	5.33^{ab}	13.90^{bc}
A3×S1	0.76^{e}	0.09^{bcd}	7.46^{e}	0.61^{d}	5.66^{ab}	14.13^{bc}

حروف مشابه در هر تیمار و ترکیب تیمارها نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد. S_0 و S_1، به ترتیب شوری صفر و ۱۰۰ میلی‌مولار A_0، A_1، A_2 و A_3 به ترتیب اسید آسکوربیک صفر، ۱، ۳ و ۵ میلی‌مولار می‌باشد.

The same letters in each treatment and combination indicate no significant difference at the 5% of probability level based on Duncan's multiple range test. S0 and S1 are 0 and 100 mM of salinity and A0,A1,A2 and A3 are 0, 1, 3 and 5 mM of ascorbic acid respectively.

صفات فیزیولوژیک

براساس نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌های مربوط به صفات فیزیولوژیک در نشاهای فلفل، اثرات ساده اسید آسکوربیک، تنش شوری و اثر متقابل این دو بر تمامی صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳).

نشت یونی

نتایج مقایسه میانگین‌های صفت نشت یونی نشان داد شوری موجب افزایش معنی‌دار نشت یونی شده است اما اسید آسکوربیک موجب کاهش نشت یونی شده به طوری‌که تیمار ۵ میلی‌مولار اسید آسکوربیک کمترین میزان نشت یونی را موجب شده است (جدول ۴). کمترین میزان نشت یونی مربوط به تیمار شوری صفر و اسید آسکوربیک ۵ میلی‌مولار بود و بیشترین میزان این صفت از تیمار شوری ۱۰۰ و اسید آسکوربیک صفر میلی‌مولار به دست آمد. همچنین درترکیب تیمارها، اسید آسکوربیک ۱ و ۳ میلی‌مولار به همراه تنش‌شوری ۱۰۰ میلی‌مولار کاهش نشت‌الکترولیتی در مقایسه با شاهد را به دنبال داشت.

نتایج مشابهی از تأثیرآنتی اکسیدان‌ها در کاهش نشت یونی در شرایط شوری روی گوجه‌فرنگی (Shalata and Neumann, 2001)، به دست آمد که با نتایج به دست آمده از این پژوهش مطابقت دارد. تنش شوری از طریق تولید گونه‌های‌فعال‌اکسیژن سبب نشت مواد از جمله اسمولیت‌های سازگار از غشأهای زیستی می‌شود که این امر منجر به عدم توازن یونی در عرض غشأ شده وکاهش عملکرد غشأ و تعادل متابولیکی را در پی دارد (Stevens *et al.*, 2006). آنتی اکسیدان‌ها از طریق کاهش تجمع پراکسید هیدروژن از پراکسیداسیون لیپیدی و افزایش نفوذ پذیری غشاء جلوگیری کرده و مانع نشت یونی می‌گردند.

غلظت مالون‌دی‌آلدئید (میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشأ)

باتوجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها، تنش‌شوری باعث افزایش میزان مالون‌دی‌آلدئید در گیاهان تحت تنش شد و کاربرد اسید آسکوربیک اثر تنش را تعدیل نمود و میزان مالون‌دی‌آلدئید را کاهش داد. مقایسه برهمکنش شوری و اسید آسکوربیک نشان داد کمترین غلظت مالون‌دی‌آلدئید در ترکیب تیماری شوری صفر و اسید اسکوربیک ۱، ۳ و ۵ میلی‌مولار مشاهده شد (جدول ۴).

در شرایط تنش شوری، اسید آسکوربیک توانست میزان مالون‌دی‌آلدئید را به طور قابل توجهی کاهش دهد و از آسیب تنش به غشأء سلولی تا حدود زیادی محافظت نماید. نتایج پژوهشی در مورد گیاه کلزا نشان داده که تیمار اسید آسکوربیک باعث کاهش معنی‌دار محتوای مالون‌دی‌آلدئید برگ‌ها و ریشه‌ها می‌شود. همچنین محتوای مالون‌دی‌آلدئید برگ‌ها و ریشه‌ها در گیاهان تیمار شده با شوری توام

بـا اسـید آسـکوربیک نسـبت بـه تیمـار شـوری کـاهش یافـت (Dolatabadian *et al*., 2009). پراکسیداسیون چربی‌ها بـه‌عنـوان یک فرآیند متابولیکی طبیعی تحت شرایط عادی نیز صورت می‌پذیرد ولی در شرایط تنشی تشدید می‌شود. پیامـد عمـل گونـه‌هـای فعـال اکسیژن نه تنها آسیب به چربی‌هاست بلکه پـروتئین‌هـا و دی‌ان‌آ نیـز صدمه دیده و در شرایط حاد منجر به مرگ سـلولی مـی‌شـوند (Gill and Tuteja, 2010).

غلظت پرولین

باتوجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها تنش شـوری موجـب افـزایش میزان پرولین برگ شد. همچنین نتـایج نشـان داد اسـید آسـکوربیک میزان پرولین برگ را افزایش داد (جدول ۴). کاربرد اسید آسـکوربیک ۵ میلی‌مولار در شرایط بدون تنش منجر به افزایش ۸۸/۰۹ درصـدی پرولین برگ نسبت به تیمار بدون کـاربرد اسـید آسـکوربیک شـد. در گیاهان تحت تنش شوری، بیشترین میـزان پـرولین بـا کـاربرد اسـید آسکوربیک ۳ و ۵ میلی‌مولار به دست آمد. پـرولین بـرگ در ترکیـب تیماری شوری و اسید آسکوربیک ۵ میلـی‌مـولار بـا افـزایش ۶۰/۵۵ درصدی نسبت به تیمار شوری بـدون کـاربرد اسـید آسـکوربیک، بـه بیشترین میزان خود در این آزمایش رسیده است.

نتایج این پژوهش با نتایج سایر پـژوهش‌گـران در مـورد گیاهـان مختلـف از جملـه پیـاز (Khodadadi and Omidbegi, 2002)، سیب‌زمینی (Fidalgo *et al*., 2001 Heuer and Nadler, 1998) و خیار (Zhu *et al*., 2006) هماهنگی دارد. تجمع پـرولین در انـواع تنش‌های خشکی، شوری و غیره دربسیاری از گیاهان به دلیل افزایش سـنتز آن و یـا کـاهش تخریـب آن مـی‌باشـد (Verbruggen and Hermans, 2008). اسید آسـکوربیک موجـب انباشـتگی پـرولین در گیاهان می‌شود. این اسید آمینه به‌عنـوان منبـع ذخیـره‌ای از کـربن و نیتروژن و نابود کننده رادیکال‌های آزاد عمـل مـی‌کنـد. پـرولین هـم چنین به ساختارهای درون سلولی (غشـأها و پـروتئین‌هـا) و پتانسـیل بافری ردوکـس سـلولی ثبـات مـی‌بخشـد (Chinnusamy *et al*., 2005).

کلروفیل کل

مقایسه میانگین‌ها نشان داد تنش شوری موجـب کـاهش میـزان کلروفیل کل بـرگ‌هـای نشـأ فلفـل دلمـه‌ای شـد. بـا کـاربرد اسـید آسکوربیک، افزایش در میزان کلروفیل کل به دسـت آمـد. بیشـترین میزان کلروفیل کل مربـوط بـه تیمـار بـدون تـنش بـا کـاربرد اسـید آسکوربیک ۵ میلی‌مولاربود. در شـرایط تـنش شـوری، کـاربرد اسـید آسکوربیک موجب افزایش میزان کلروفیل شـد بـه‌طـوری‌کـه تیمـار شوری و اسید آسکوربیک ۵ میلی‌مولار نسبت بـه تیمارشـوری بـدون کاربرد اسید آسکوربیک ، افزایش ۷۹/۴۳ درصدی در میزان کلروفیـل نشان داد (جدول ۴).

کلروفیل برگ یکی از مهـم‌تـرین شـاخص‌هـای نشـان دهنـده فشارهای محیطی وارد بر گیاه است. به طوری که مقدار کلروفیـل در گیاهان تحت تنش کاهش می‌یابد و باعث تغییر در نسبت جذب نور و در نتیجه کاهش کل جذب نور توسط گیاه می‌شود و ایـن کـاهش تـا حدی به دلیل کاهش مقـدار کلروفیـل اسـت. دوام فتوسـنتز و حفـظ کلروفیل برگ تحت شرایط تنش از جمله شاخص‌هـای فیزیولـوژیکی مقاومت به تنش است (Zarco-Tejada *et al*., 2000).

پروتئین‌های محلول

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد میـزان پـروتئین‌هـای محلـول برگ نشأ فلفل دلمه‌ای تحت شرایط تنش کاهش یافت وکاربرد اسـید آسکوربیک در غلظت‌های مختلف در شرایط اعمال تنش بـا افـزایش میزان پروتئین‌های محلول تا حد گیاهان شاهد (بدون شوری) توانست اثرات مخرب تنش را بر مقدار پروتئین‌های محلول کاملاً خنثـی‌کنـد. مقایسه میانگین ترکیب تیمارها نشان داد بیشترین میزان پروتئین‌های محلول در تیمار بدون تنش و اسید آسکوربیک ۵ میلی‌مولار بـه‌دسـت آمد. کاربرد اسید آسکوربیک موجب افـزایش ۴۶/۵۷ درصـدی میـزان پروتئین در ترکیب تیماری شوری و اسید آسـکوربیک ۵ میلـی‌مـولار نسبت به تیمار شوری بدون کاربرد اسید آسکوربیک شد. (جدول ۴).

افزایش مقدار پروتئین‌های محلول در گیاهان تحت شوری توام با آسکوربیک اسید در مقایسه با گیاهانی که تنها در معرض تنش شوری قرار داشتند در گیـاه کلـزا (Dolatabadian *et al*., 2009) گـزارش شده است.

آنزیم‌های‌آنتی‌اکسیدانی

بررسی نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که محلول‌پاشـی اسـید آسکوربیک به هنگام اعمال تنش‌شوری موجب افزایش میـزان آنـزیم کاتالاز شـده اسـت بـه طـوری‌کـه ترکیـب تیمـاری شـوری و اسـید آسکوربیک ۵ میلی‌مولار نسبت به تیمار تـنش شـوری بـدون کـاربرد اسید آسکوربیک افزایش ۶۳ درصدی و نسبت به شـاهد افـزایش ۸۱ درصدی در میزان کاتالاز داشته است (جدول ۴).

در مورد آنزیم پراکسیداز نیز سطح آنـزیم در شـرایط عـدم تـنش شوری با کاربرد اسید آسکوربیک افـزایش نشـان داده اسـت. شـرایط تنش موجـب کـاهش سـطح آنـزیم پراکسـیداز شـد و کـاربرد اسـید آسکوربیک توانست اثرات تنش را بهبود بخشد به گونه‌ای که بالاترین سطح این آنزیم متعلق به ترکیـب تیمـاری شـوری بـه همـراه اسـید آسکوربیک ۵ میلی‌مولار بود که اسید آسـکوربیک در شـرایط شـوری موجب افزایش ۹۰ درصدی آنزیم پروکسیداز نسبت به شاهد شد.

در شرایط تنش شوری، مقدار پراکسید هیدروژن در سلول‌ها افزایش می‌یابد که کاتالاز یکی از تخصصی‌ترین و اصلی‌ترین آنزیم های پاکسازی‌کننده پراکسید هیدروژن محسوب می‌شود. از طرف دیگر پراکسیدازها می‌توانند به عنوان آنتی‌اکسیدان عمل نمایند. بنابراین، اسید آسکوربیک برای آنزیم آسکوربات پراکسیداز که در تجزیه پراکسید هیدروژن نقش دارد به‌عنوان سوبسترا عمل می‌کند و احتمالا بتواند با تأمین سوبسترای مورد نیاز آنزیم در سم‌زدایی پراکسید هیدروژن نقش ایفا کند (Lee and Kader, 2000).

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر شوری و اسید آسکوربیک بر صفات فیزیولوژیک نشاء فلفل دلمه‌ای رقم 'کالیفرنیا واندر'

Table 3- ANOVA (mean squares) for the effects of salinity and ascorbic acid treatments on physiological characteristics of *Capsicum annuum* cv. 'California Wonder' seedlings

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی DF	کلروفیل کل Total chlorophyll	پرولین Proline	پروتئین محلول Soluble protein	نشت یونی EC	آنزیم کاتالاز Catalase enzyme	آنزیم پراکسیداز Peroxidase enzyme	مالون دی‌آلدئید malondialdehyde
شوری Salinity (S)	1	25.51**	2.76**	75.19**	406.25**	0.017**	0.007**	25.63**
اسید آسکوربیک Ascorbic acid (A)	3	3.03**	0.86**	11.70*	51.78**	0.002*	0.004**	1.91**
S ×A	3	5.26**	0.91**	16.00**	80.89**	0.003**	0.003**	4.51**
خطا Error	16	0.01	0.02	2.53	6.51	0.001	0.001	0.05
ضریب تغییرات C.V (%)	-	7.37	16.18	12.49	23.98	42.84	20.14	16.02

** و * به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

** and *: significant at $p≤0.01$ and $p≤0.05$, respectively.

جدول ٤- اثرات ساده و متقابل شوری و اسید سالیسیلیک بر صفات فیزیولوژیک نشاء فلفل دلمه‌ای رقم 'کالیفرنیا واندر'

Table 4- The simple and interaction effects of salinity and ascorbic acid on physiological characteristics of *Capsicum annuum* cv. 'California Wonder' seedlings

تیمار Treatment	کلروفیل کل Total chlorophyll ($mg.g^{-1}$ Fw)	پرولین Proline ($mg.g^{-1}$ Fw)	پروتئین محلول Soluble protein ($mg.g^{-1}$ Fw)	نشت یونی EC (%)	آنزیم کاتالاز Catalase enzyme ($\mu mol.g^{-1}$ FW)	آنزیم پراکسیداز Peroxidase enzyme ($\mu mol.g^{-1}$ FW)	مالون دی آلدئید MAD ($\mu g.g^{-1}$ FW)
S0	2.80^{a}	0.60^{b}	14.52^{a}	6.52^{b}	0.02^{b}	0.02^{b}	0.41^{b}
S1	0.73^{b}	1.28^{a}	10.98^{b}	14.75^{a}	0.66^{a}	0.06^{a}	2.48^{a}
A0	0.83^{d}	0.64^{c}	10.83^{b}	14.16^{a}	0.03^{b}	0.01^{d}	2.23^{a}
A1	1.67^{c}	0.74^{bc}	12.90^{a}	11.68^{ab}	0.05^{ab}	0.03^{c}	1.45^{b}
A2	2.04^{b}	0.88^{b}	13.12^{a}	9.35^{bc}	0.06^{a}	0.05^{b}	1.17^{bc}
A3	2.52^{a}	1.49^{a}	14.16^{a}	7.36^{c}	0.07^{a}	0.06^{a}	0.93^{c}
A0×S0	1.14^{d}	0.42^{f}	13.05۳^{abc}	9.28^{cde}	0.02^{b}	0.01^{e}	1.09^{d}
A1×S0	2.62^{c}	0.56^{ef}	14.54^{ab}	7.82^{def}	0.03^{b}	0.03^{d}	0.35^{e}
A2×S0	3.16^{b}	0.61^{def}	14.80^{ab}	5.50^{ef}	0.04^{b}	0.03^{d}	0.15^{e}
A3×S0	3.96^{a}	0.79^{cde}	15.71^{a}	3.49^{f}	0.07^{a}	0.04^{cd}	0.06^{e}
A0×S1	0.22^{g}	0.86^{cd}	8.61^{d}	19.04^{a}	0.04^{b}	0.01^{e}	3.37^{a}
A1×S1	0.73^{f}	0.92^{bc}	11.26^{cd}	15.54^{ab}	0.08^{a}	0.04^{c}	2.56^{b}
A2×S1	0.91^{ef}	1.15^{b}	11.44^{cd}	13.20^{bc}	0.09^{a}	0.08^{b}	2.20^{bc}
A3×S1	1.07^{e}	2.18^{a}	12.62^{c}	11.23^{bcd}	0.11^{a}	0.10^{a}	1.80^{c}

حروف مشابه در هر تیمار و ترکیب تیمارها نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد. S۰ و S۱، به ترتیب شوری ۰و ۱۰۰ میلی‌مولار A۰، A۱، A۲ وA۳ به ترتیب اسید آسکوربیک ۰، ۱ ، ۳ و ۵ میلی‌مولار می‌باشد.

The same letters in each treatment and combination indicate no significant difference at the 5% probability level based on Duncan's multiple range test. S0 and S1 are 0 and 100 mM salinity and A0,A1,A2 and A3 are 0, 1, 3 and 5 mM ascorbic acid respectively.

میزان عناصر

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، اثر اسید آسکوربیک در سطح احتمال یک درصد بر میزان عناصر سدیم، آهن و روی و در سطح احتمال ۵ درصد بر میزان فسفر نشای فلفل معنی‌دار بود، اما بر میزان پتاسیم معنی‌دار نشد. اثر تنش‌شوری در سطح

احتمال یک درصد بر میزان عناصر پتاسیم، فسفر، سدیم، آهن و روی و بر میزان مس در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل اسید آسکوربیک و تنش شوری در سطح احتمال یک درصد بر میزان عناصر پتاسیم، فسفر، سدیم، آهن و روی معنی‌دار شد ولی بر میزان عنصر مس معنی‌دار نبود (جدول ۵).

پتاسیم

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد بین میزان عنصر پتاسیم در سطوح مختلف اسید آسکوربیک اختلاف معنی‌داری وجود دارد و اسید آسکوربیک در غلظت‌های بالا موجب افزایش جذب عنصر پتاسیم شده است. نتایج مقایسه میانگین‌های ترکیب تیمارها نشان می‌دهد که ترکیب تیماری تنش شوری و غلظت ۵ میلی‌مولار اسید آسکوربیک، گیاه بیشترین جذب پتاسیم را داشته و در کل تیمار با اسید آسکوربیک با افزایش درصد پتاسیم به اندازه گیاهان شاهد توانست خسارت ناشی از تنش شوری را جبران کند (جدول ۶).

فسفر

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها در اثرات ترکیبی تیمارها چنین مشاهده می‌شود که محلول‌پاشی اسید آسکوربیک با رساندن مقدار فسفر به‌اندازه گیاهان شاهد، از خسارت تنش‌شوری جلوگیری کرد به‌گونه‌ای که بیشترین مقدار فسفر مربوط به ترکیب تیماری اسید آسکوربیک ۵ میلی‌مولار به همراه تنش شوری بود که با اختلاف ۳۸/۷۱ درصد در مقایسه با تیمار شوری و عدم کاربرد اسید آسکوربیک قرار داشت (جدول ۶).

سدیم

طبق نتایج مقایسه میانگین‌های اثرات ترکیب تیمارها برای عنصر سدیم مشاهده می‌شود که در ترکیب تیماری شوری بدون کاربرد اسید آسکوربیک بالاترین میزان سدیم مشاهده شد ولی در ترکیب تیماری تنش شوری و اسید آسکوربیک ۵ میلی‌مولار، میزان سدیم به اندازه گیاه شاهد است و این بیانگر نقش مؤثر اسید آسکوربیک در کاهش جذب سدیم در شرایط تنش شوری می‌باشد (جدول ۶).

آهن

بررسی اثرات ترکیبی تنش و اسید آسکوربیک نشان می‌دهد بیشترین میزان جذب آهن در شرایط بدون تنش شوری مربوط به ترکیب تیماری عدم تنش و کاربرد ۵ میلی‌مولار اسید آسکوربیک بوده است که در مقایسه با شاهد افزایش ۲۲/۰۶ درصدی داشته است، همچنین ترکیب تیمار تنش شوری و اسید آسکوربیک ۵ میلی‌مولار افزایش ۲۷/۴۷ درصدی در میزان جذب آهن نسبت به تیمار شوری و عدم کاربرد اسید آسکوربیک داشته است که نشان می‌دهد اسید آسکوربیک توانسته اثرات شوری را در کاهش جذب آهن کاملا برطرف نماید (جدول ۶).

روی

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد تیمار با اسید آسکوربیک در شرایط تنش شوری توانست جذب روی را به اندازه گیاهان در شرایط عدم تنش، افزایش دهد و خسارت ناشی از تنش شوری را جبران کند. بیشترین میزان روی در تیمار عدم تنش و کاربرد اسید آسکوربیک ۵ میلی‌مولار به دست آمد. در شرایط تنش شوری نیز کمترین میزان جذب روی مربوط به تیمار تنش شوری ۱۰۰ میلی‌مولار و عدم کاربرد اسید آسکوربیک است که با کاربرد اسید آسکوربیک افزایش یافته است و در سطوح ۳ و ۵ میلی‌مولار به بیشترین مقدار جذب روی رسیده است (جدول ۶).

مس

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها کاربرد اسید اسکوربیک توانست میزان جذب عنصر مس را افزایش دهد اگرچه بین غلظت‌های اسید آسکوربیک اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. در ترکیب تیمارها، کاربرد اسید آسکوربیک ۳ و ۵ میلی‌مولار همراه با تنش شوری توانست با رساندن مقدار مس به اندازه این عنصر در گیاهانی که تحت تنش شوری نبودند خسارت ناشی از تنش را خنثی نمود (جدول ۶).

یکی از اثرات منفی شوری ایجاد مشکل در تغذیه گیاه است که باعث کاهش عملکرد گیاه می‌شود. شوری منجر به افزایش تجمع برخی یون‌های خاص در گیاه می‌شود و بنابراین برخی از عناصر مورد نیاز از دسترس گیاه خارج می‌شوند و در جذب، انتقال و توزیع عناصر غذایی رقابت ایجاد می‌شود (Chartzoulakis *et al*., 2002).

آنتی‌اکسیدان‌ها نظیر اسید آسکوربیک، سبب افزایش تحمل اسمزی و یا کنترل فرآیندهای مختلف مانند جذب موادغذایی از محلول خاک می‌گردند و در گزینش انتخابی سدیم و پتاسیم در محیط ریشه در شرایط شوری تغییر ایجاد کرده و از این طریق سبب جذب بهتر پتاسیم تحت تنش شوری می‌شوند. تغذیه برگی آنتی‌اکسیدان‌ها سبب کاهش تجمع سدیم و افزایش پتاسیم وکاهش تجمع کلر و سدیم در گندم تحت تنش شوری شد (Farouk, 2011). اسید آسکوربیک اثرات مؤثری روی جذب بسیاری از مواد غذایی در بسیاری از گیاهان آلی دارد. همچنین از طریق افزایش دفع اسیدهای آلی از ریشه به خاک سبب افزایش حلالیت و جذب موادغذایی اطراف ریشه که می‌شود (Smirnoff, 2000).

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر شوری و اسید آسکوربیک بر میزان عناصر نشاء فلفل دلمه‌ای رقم 'کالیفرنیا واندر'

Table 3- ANOVA (mean squares) for the effects of salinity and ascorbic acid treatments on minerals content of *Capsicum annuum* cv. 'California Wonder' seedlings

منابع تغییرات S.O.V	درجه ازادی DF	پتاسیم K	فسفر P	سدیم Na	آهن Fe	روی Zn	مس Cu
شوری Salinity (S)	**1**	**0.07ns**	**0.003***	**0.08****	**32.90****	**216.60****	**26.04ns**
اسید آسکوربیک Ascorbic acid (A)	3	0.49**	0.007**	0.01**	3.52**	29.14**	1264.37*
S ×A	3	0.37**	0.006**	0.02**	6.65**	43.46**	646.99ns
خطا Error	16	0.03	0.001	0.002	0.13	4.98	349.12
ضریب تغییرات C.V (%)	-	4.82	6.74	9.63	2.19	4.81	6.79

ns، ** و * به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد. S: شوری، A: اسید آسکوربیک

ns, ** and *: non-significant, significant at $p\leq 0.01$ and $p\leq 0.05$, respectively. S: Salinity, A: Ascorbic acid

جدول ٦- اثرات ساده و متقابل شوری و اسید سالیسیلیک بر میزان عناصر نشاء فلفل دلمه‌ای رقم 'کالیفرنیا واندر'

Table 4- The simple and interaction effects of salinity and ascorbic acid on minerals content of *Capsicum annuum* cv. 'California Wonder' seedlings

تیمار Treatment	K (%)	P (%)	Na (%)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)
S0	3.88a	0.36a	0.20b	17.84a	49.36a	273.91a
S1	3.99a	0.34b	0.32a	15.50b	43.35b	276.00a
A0	3.54c	0.31c	0.19c	15.83d	48.90c	258.83b
A1	3.92b	0.35b	0.25b	16.33c	47.06cb	267.33ab
A2	4.07ab	0.37ab	0.39a	16.90b	45.83ab	282.83a
A3	4.21a	0.38a	0.32a	17.68a	43.65a	290.83a
A0×S0	3.69cd	0.31d	0.26cd	15.86d	44.06cd	259.00b
A1×S0	4.04bc	0.34cd	0.24de	15.76d	43.93cd	274.33ab
A2×S0	3.92bc	0.37cd	0.20.e	16.56cd	45.93bc	279.33ab
A3×S0	3.86c	0.33bc	0.11f	19.36a	51.86a	283.00ab
A0×S1	3.40d	0.30d	0.37a	14.80e	40.50d	258.67b
A1×S1	3.79c	0.32d	0.33ab	16.03cd	45.93bc	260.33b
A2×S1	4.21۴b	0.41ab	0.20bc	17.10c	46.80ab	286.33ab
A3×S1	4.57a	0.43a	0.28cd	18.86b	50.06ab	298.67a

حروف مشابه در هر تیمار و ترکیب تیمارها نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد. S۰ و S۱، به ترتیب شوری ۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار A۰، A۱، A۲ وA۳ به ترتیب اسید آسکوربیک ۰، ۱ ، ۳ و ۵ میلی‌مولار می‌باشد.

The same letters in each treatment and combination indicate no significant difference at the 5% probability level based on Duncan's multiple range test. S0 and S1 are 0 and 100 mM salinity and A0,A1,A2 and A3 are 0, 1, 3 and 5 mM ascorbic acid respectively.

نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر استفاده از اسید آسکوربیک توانست با تعدیل اثرات تنش شوری، بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیک و جذب عناصر توسط نشای فلفل دلمه‌ای را بهبود بخشیده و در نتیجه رشد گیاه را معادل شرایط بدون تنش نماید. با توجه به نتایج بدست آمده از این تحقیق می‌توان استفاده از اسید آسکوربیک باغلظت ۵ میکرو مولار را جهت تعدیل اثرات آبیاری با آب شور در پرورش نشای فلفل دلمه‌ای توصیه نمود.

منابع

1. Abedi, M.J., Nirizi, S., Ebrahimi, N., Mahrani, M., & Khaledi, H. (2002). Use of saline water in sustainable agriculture. *Publications of the National Committee for Irrigation and Drainage*, *49*, 235 p. (In Persian)
2. Aebi, H. (1984). *Catalase in vitro*. In Methods in enzymology. Academic Press. *105*, 121-126. https://doi.org/10.1016/s0076-6879(84)05016-3
3. Agami, R.A. (2014). Applications of ascorbic acid or proline increase resistance to salt stress in barley seedlings. *Biologia Plantarum*, *58*, 341-347.

4. Bates, L.S., Waldren, R.P., & Teare, I.D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, *39*(1), 205-207.
5. Bradford, M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry, 72*, 248-254. https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3
6. Chartzoulakis, K., Loupassaki, M., Bertaki, M., & Androulakis, I. (2002). Effects of NaCl salinity on growth, ion content and CO_2 assimilation rate of six olive cultivars. *Scientia Horticulturae, 96*(1-4), 235-247. https://doi.org/10.1016/S0304-4238(02)00067-5
7. Chinnusamy, V., Jagendorf, A., & Zhu, J.K. (2005). Understanding and improving salt tolerance in plants. *Crop Science*, *45*, 437–448. https://doi.org/10.2135/cropsci2005.0437
8. Conklin, P.L. (2001). Recent advances in the role and biosynthesis of ascorbic acid in plants. *Plant, Cell and Environment*, *24*(4), 383-394. https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2001.00686.x
9. Dolatabadian, A., Sanavy, S.M., & Chashmi, N.A. (2009). The effects of foliar application of ascorbic acid (vitamin C) on antioxidant enzymes activities, lipid peroxidation and proline accumulation of canola (*Brassica napus* L.) under conditions of salt stress. *Journal of Agronomy and Crop Science, 194*(3), 206-213. http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-037X.2008.00301.x
10. Farouk, S. (2011). Ascorbic acid and α-tocopherol minimize salt-induced wheat leaf senescence. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*, *7*(3), 58-79.
11. Fidalgo, F., Santos, A., Santos, I., & Salema, R. (2004). Effects of long-term salt stress on antioxidant defence systems, leaf water relations and chloroplast ultrastructure of potato plants. *Annals of Applied Biology*, *145*(2), 185-192. https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2004.tb00374.x
12. Gill, S., & Tuteja, N. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, *48*(12), 909-930. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2010.08.016
13. Heath, R.L., & Packer, L. (1968). Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archives of Biochemistry and Biophysics, 125*(1), 189-198. https://doi.org/10.1016/0003-9861(68)90654-1
14. Herzog, V., & Fahimi, H. (1973). Determination of the activity peroxidase. *Annual Review of Biochemistry*, *55*, 554-562.
15. Heuer, B., & Nadler, A. (1998). Physiological response of potato plants to soil salinity and water deficit. *Plant Science*, *137*(1), 43-51.
16. Khan, H.A., Pervez, M.A., Ayub, C.M., Ziaf, K., Balal, R.M., Shahid, M.A., & Akhtar, N. (2009). Hormonal priming alleviates salt stress in hot pepper *(Capsicum annuum* L.). *Soil and Environment*, *28*(2), 130-135.
17. Khodadadi, M., & Omidbegi, R. (2002). Effects of salinity on growth, leaf water potential and proline content of two edible onion cultivars (*Allium cepa* L.). *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, *4*, 71-83. (In Persian with English abstract)
18. Lee, S.K., & Kader, A.A. (2000). Preharvest and post harvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, *20*, 207-220. http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5214(00)00133-2
19. Lutts, S., Kinet, J.M., & Bouharmont, J. (1996). NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Annals Botany*, *78*, 389–398.
20. Marcelina, K.M., Beata, S., Dominik, O., Maja, S., & Justyna, P. (2015). Effect of ascorbic acid on morphological and biochemical parameters in tomato seedling exposure to salt stress. *Environmental Protection And Natural Resources*, *2*(64), 21-25. http://dx.doi.org/10.1515/oszn-2015-0007
21. Mir Mohammad Mobidi, S.M., & Qarah Yazdi, B. (2002). *Physiological and breeding aspects of plant salinity stress*. Isfahan University of Technology Publications. First edition 288pp. (In Persian)
22. Mostofi, U., & Najafi, F. (2005). *Laboratory manual of analytical techniques in horticulture*. University of Tehran Press. 136pp. (In Persian)
23. Nawaz, K., & Ashraf, M. (2010). Exogenous application of glycinebetaine modulates activities of antioxidants in maize plants subjected to salt stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*, *196*, 28-37.
24. Sajid, Z.A., & Aftab, F. (2009). Amelioration of salinity tolerance in *Solanum tuberosum* L. by exogenous application of ascorbic acid. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, *45*(5), 540. http://dx.doi.org/10.1007/s11627-009-9252-4
25. Shalata, A., & Neumann, P.M. (2001). Exogenous ascorbic acid (vitamin C) increases resistance to salt stress and reduces lipid peroxidation. *Journal of Experimental Botany*, *52*(364): 2207-2211. https://doi.org/10.1093/jexbot/52.364.2207
26. Shayesteh, N., Golchin, A., & Shafiee, S. (2011). The effects of irrigation water salinity, nitrogen and calcium chloride foliar application on yield and growth indices of pepper plant (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Agricultural Science*, *34*, 2-16. (In Persian with English abstract)
27. Smirnoff, N. (2000). Ascorbic acid: metabolism and functions of a multi-facetted molecule. *Current Opinion in Plant Biology*, *3*(3), 229-235. https://doi.org/10.1016/S1369-5266(00)80070-9

28. Stevens, J., Senaratna, T., & Sivasithamparam, K. (2006). Salicylic acid induces salinity tolerance in tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Roma): associated changes in gas exchange, water relations and membrane stabilization. *Plant Growth Regulation*, *49*(1), 77-83. http://dx.doi.org/10.1007/s10725-006-0019-1
29. Tabatabayan, J. (2014). Study of the effect of calcium in improving the damage caused by salinity stress in tomato plants. *Journal of Production Research*, *21*(2), 137-125. (In Persian with English abstract)
30. Verbruggen, N., & Hermans, C. (2008). Proline accumulation in plants: a review. *Amino Acids, 35*(4), 753-759. https://doi.org/10.1007/s00726-008-0061-6
31. Yang, C.M., Chang, K.W., Yin, M.H., & Huang, H.M. (1998). Methods for the determination of the chlorophylls and their derivatives. *Taiwania*, *43*, 116-122.
32. Zarco-Tejada, P.J., Miller, J.R., Mohammed, G.H., & Noland, T.L. (2000). Chlorophyll fluorescence effects on vegetation apparent reflectance: I. Leaf-level measurements and model simulation. *Remote Sensing of Environment*, *74*(3), 582-595.
33. Zhu, J., Bie, Z., & Li, Y. (2008). Physiological and growth responses of two different salt-sensitive cucumber cultivars to NaCl stress. *Soil Science and Plant Nutrition*, *54*, 400-407. http://dx.doi.org/10.1111/j.1747-0765.2008.00245.x